

## **SISTEM PROTEKSI GANGGUAN FASA TANAH MELALUI PEMASANGAN DIRECTIONAL GROUND RELAY (DGR) PADA PENYULANG 20 KV SEMPIDI GI KAPAL**

**I Gusti Putu Arka**

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bali  
Bukit Jimbaran, P.O. Box 1064, Badung, Bali  
Email : arka.igustiputu@yahoo.com

**Abstrak** : Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan sistem proteksi terhadap gangguan fasa tanah melalui pemasangan directional ground relay (DGR) pada Penyulang Sempidi Gardu Induk Kapal. Penyulang Sempidi merupakan salah satu penyulang 20 kV yang dicatu dari Gardu Induk (GI) Kapal dengan panjang penyulang 47,775 km dan panjang Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) 21,199 km. Sistem proteksi ini menerapkan metode pentanahan netral transformator daya melalui tahanan tinggi 500 ohm dan arus hubung singkat 1 fasa ke tanah maksimum 25 A. Karena arus gangguan yang relatif kecil, maka digunakan Directional Ground Relay (DGR) sebagai relay pengaman gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah. DGR bekerja berdasarkan tegangan residu yang timbul pada saat terjadi gangguan hubung singkat ke tanah. Untuk mendeteksi tegangan residu digunakan Grounding Potential Transformer (GPT) dan untuk mendeteksi arus residu digunakan Zero Current Transformer (ZCT).

**Kata kunci** : Proteksi, Gangguan, Relay

### *PROTECTION SYSTEM OF GROUND PHASA BY USING DIRECTIONAL GROUND RELAY (DGR) AT 20 KV SEMPIDI FEEDER IN THE KAPAL MAIN STATION*

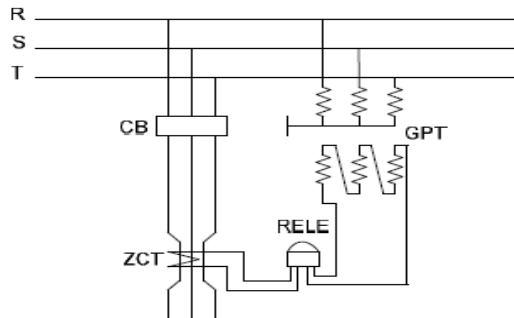
**Abstract** : The research was done to find protection system for saving grounded phasa distortion by using directional ground relay (DGR) in the Sempidi feeder of GI Kapal, Badung regency, Bali. Sempidi feeder is one feeder 20 kV that is supplied from GI Kapal with long feeder of 47,775 km and long SUTM of 21,199 km. The protection system applies neutral grounding of power transformer via high resistance of 500 ohm and a 25 A-maximum short circuit current phase to ground. Because distortion current is small that a directional ground relay (DGR) was used as a protecting relay to one phasa short circuit distortion to ground. DGR works based on residual voltage that happened when there is a short circuit distortion to ground. To detect residual voltage, ground potential transformer (GPT) was used and to detect residual current , a Zero Current Transformer (ZCT) was used.

**Keywords**: Protection, Distortion, Relay



mendeteksi dan melepaskan diri dari bagian lainnya. Relai pengaman dan kawasan pengamannya dapat dilihat pada gambar 1.

### 2.1. Relé Tanah Terarah (DGR)



Gambar 2. Hubungan DGR, GPT, dan ZCT  
Sumber: GI Kapal

Relé arah digunakan apabila arus gangguan mengalir dari banyak jurusan menuju ke titik gangguan melalui lokasi dari relé. Sehingga relai tanah berfungsi untuk memberi sinyal pada CB untuk mengamankan satu arah. Relé Arah Tanah bekerja berdasarkan komponen arus ( $I_0$ ) yang disuplai oleh ZCT (Zero Current Transformer) dan komponen tegangan ( $V_0$ ) yang disuplai oleh GPT (Ground Potential Transformer). Kopel dari relai ini sebanding dengan: (Titarenko, M dan Noskov-Dukelsky, p. 123).

$$T = kU_r I_r \cos(\varphi_r + \alpha) \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

- $T$  = Torsi kerja relé
- $K_r$  = Faktor perbandingan
- $U_r$  = Tegangan residu
- $I_r$  = Arus residu
- $\varphi_r$  = Beda fasa antara  $U_r$  dan  $I_r$
- $\alpha$  = Sudut karakteristik relé

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Data Teknis Objek

Data-data yang dipakai dalam penelitian ini meliputi:

- Data penyulang
- Data pemadaman karena gangguan
- Data pentanahan

#### 3.1.1. Data Penyulang Sempidi Gardu Induk Kapal

Penyulang Sempidi memiliki karakteristik seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1  
Data Penyulang Sempidi

|                           |                 |
|---------------------------|-----------------|
| Panjang JTM               | 47771.41 meter  |
| Panjang JTR               | 101497.04 meter |
| Kapasitas GD              | 15695 KVA       |
| Jumlah Trafo GD           | 79 buah         |
| Jumlah GD                 | 77 buah         |
| Jumlah tiang TM           | 980 buah        |
| Jumlah tiang TM dengan PE | 104 buah        |
| Jumlah tiang TR           | 2763 buah       |
| Pelanggan TM              | 10              |
| Panjang sambungan TM      | 0               |
| Total beban TM            | 9480000 VA      |
| Jumlah sambungan TM       | 10 buah         |
| Pelanggan TR              | 30190           |
| Panjang sambungan TM      | 386230 meter    |
| Beban TR                  | 58425040 VA     |
| Jumlah sambungan TR       | 30190 buah      |

Sumber : PLN Area Jaringan Bali Selatan

#### 3.1.2 Data Pemadaman Penyulang Sempidi

Data pemadaman pada penyulang Sempidi dari bulan januari 2010 hingga februari 2011 ditunjukkan pada tabel 2 berikut.

Tabel 2  
Durasi pemadaman pada penyulang sempidi

| Tanggal    | Jam_Trip | Jam-Masuk | Durasi |
|------------|----------|-----------|--------|
| 12/01/2010 | 6:09:04  | 6:11:34   | 0.0417 |
| 28/02/2010 | 1:14:50  | 1:16:38   | 0.03   |
| 07/07/2010 | 2:59:14  | 3:01:34   | 0.0556 |
| 23/07/2010 | 19:10:41 | 19:11:31  | 0.0139 |
| 30/07/2010 | 3:14:50  | 3:16:38   | 0.03   |
| 02/12/2010 | 17:58:10 | 18:00:21  | 0.0364 |
| 14/12/2010 | 8:29:09  | 8:31:12   | 0.0342 |
| 01/01/2011 | 14:18:20 | 14:21:31  | 0.0531 |
| 03/01/2011 | 4:49:31  | 4:51:31   | 0.033  |
| 08/02/2011 | 15:18:20 | 15:21:31  | 0.0531 |

Sumber: GI Kapal

#### 3.1.3 Data pentanahan

Data pentanahan dan pengukuran tahanan pentanahan pada penyulang Sempidi ditunjukkan pada tabel 3 dan 4 berikut.

Tabel 3  
Data Elektroda Batang Yang Terpasang

|                                   |                                                                   |
|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Panjang (L)                       | 3 meter                                                           |
| Diameter penampang (D)            | 2 cm (1.5 cm baja dengan 0.25 cm tapan tembaga)                   |
| Tahanan Jennis Tanah              | 40 $\Omega$ m (tanah berair) dan 100 $\Omega$ m (tanah pertanian) |
| jumlah elektroda batang terpasang | 24 buah                                                           |

Sumber: GI Kapal

Tabel 4  
Data pengukuran tahanan pentanahan setiap titik

| titik pentanahan | tahanan pentanahan | titik pentanahan | tahanan pentanahan |
|------------------|--------------------|------------------|--------------------|
| 1                | 23.24              | 13               | 12.24              |
| 2                | 19.64              | 14               | 10.84              |
| 3                | 11.68              | 15               | 11.1               |
| 4                | 13.17              | 16               | 15.25              |
| 5                | 13.65              | 17               | 15.1               |
| 6                | 15.35              | 18               | 17.2               |
| 7                | 13.12              | 19               | 17.31              |
| 8                | 15.21              | 20               | 15.25              |
| 9                | 12.08              | 21               | 18.55              |
| 10               | 11.05              | 22               | 16.35              |
| 11               | 11.21              | 23               | 14.64              |
| 12               | 11.21              | 24               | 18.77              |

Sumber: GI Kapal

### 3.2 Pembahasan

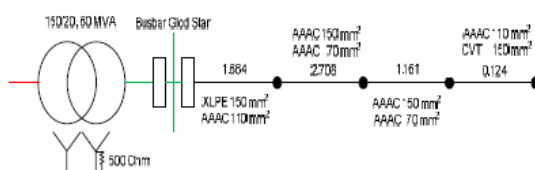
Penyulang Sempidi merupakan salah satu penyulang yang berada dalam lingkup pengawasan dan pemeliharaan Area Pelayanan dan Jaringan (APJ) Kapal. Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah Pada Penyulang Sempidi, dengan meninjau 4 titik gangguan diperoleh hasil seperti pada table 5.

Dari hasil perhitungan arus gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah maksimum dan minimum yang sudah dilakukan dalam semua kondisi yang dapat terjadi, didapatkan besar arus gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah maksimum pada penyulang Sempidi adalah sebesar 24,13290607 A dan arus gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah minimum sebesar 7,488070009 A dimana masih sesuai dengan ketentuan batas arus gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah untuk daerah High resistance yaitu maksimum 25 A.

### 3.2.1 Setting Arus dan Waktu Kerja dari DGR

Pada DGR pada penyulang Sempidi terdapat tap setting untuk arus sebesar 1-2-3-4-5 pada kumparan ZCT.

$$\begin{aligned}\text{Setting arus kerja DGR} &= 10\% \times I_f \\ \text{Maksimum} &= 10\% \times 24,13290607 \\ &= 2.413290607 \text{ A}\end{aligned}$$



Gambar 4. Jaringan Penyulang Sempidi  
Sumber: GI Kapal

Tabel 5  
Hasil Perhitungan Arus Gangguan Hubung  
Singkat 1 Fasa ke Tanah Maksimum dan  
Minimum

| Tegangan (kV) | Arus Gangguan (A) |                 |                 |                |                 |
|---------------|-------------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|
|               | Maksimum          | Minimum         |                 |                |                 |
|               |                   | I               | II              | III            | IV              |
| 20,9          | 24,132<br>90607   | 7,5099<br>03794 | 7,4950<br>37991 | 7,4886<br>0537 | 7,4880<br>70009 |

Sumber: GI Kapal

Perhitungan dalam menentukan besarnya arus kerja sebesar  $\pm 10\%$  dari besarnya arus gangguan maksimum ini sesuai kesepakatan antara pihak PT. PLN (Persero) dengan pihak UPT (Unit Pelayanan Transmisi) diasumsikan bahwa besarnya arus gangguan fasa tanah maksimum yang terjadi tidak kurang dari 2A. Pemilihan asumsi 10% digunakan karena memperhitungkan adanya impedansi gangguan yang menyebabkan hubung singkat 1 fasa ketanah. Dengan adanya impedansi gangguan maka arus hubung singkat 1 fasa ketanah menjadi lebih kecil dan dengan setting arus kerja 2 A diharapkan kepekaan dari EGR-EC untuk mendeteksi dan mengamankan gangguan dari sistem. Untuk setting waktu ada DGR EGR-EC ini memiliki waktu kerja definite time 1 detik. Setting waktu ini merupakan standar waktu kerja yang digunakan oleh PLN pada hampir seluruh tipe DGR termasuk EGR-EC.

### 3.2.2 Penentuan perlunya dan tujuan dipasang DGR di Penyulang Sempidi

Dalam perencanaan awal penyulang sempidi, PLN Distribusi Bali menggunakan sistem Jaringan 3 fasa 3 kawat. Namun dalam beberapa tahun terakhir dilihat dari data gangguan sebelum terpasangnya kawat tanah, terdapat sejumlah gangguan. Sehingga mengurangi kehandalan kontinuitas penyaluran tenaga listrik kepada pelanggan.

### 3.2.3 Sistem pentanahan kawat tanah yang digunakan di Penyulang Sempidi

Dalam sistem pentanahan kawat tanah yang terpasang pada penyulang sempidi menggunakan elektroda batang, dimana kawat tanah ditanahkan setiap 5 GW. Pentanahan ini terpasang dengan tahanan terkecil 10,84 ohm dan tahanan terbesar 23,24ohm, meski dapat diterima. Sebaiknya dilakukan sistem pentanahan sebaik mungkin agar perlindungan lebih baik. Dengan menggunakan persamaan (1) dapat dihitung sebagai berikut.

Contoh: titik pentanahan 1

$$23.24 = \frac{\rho}{2 \times 3.14 \times 3} \left( \ln \frac{4 \times 3}{0.02} - 1 \right)$$

$$23.24 = \frac{\rho}{18.84} (6.3969 - 1)$$

$$23.24 \times 18.84 = \rho (5.3969)$$

$$\rho = \frac{437.84}{5.3969} = 81.2 \text{ ohm}$$

Tabel 6

Hasil perhitungan tahanan jenis tanah masing-masing titik pentanahan

| titik pentanahan | Rbt (ohm) pengukuran | L (meter) | d (meter) | P (ohm.m) |
|------------------|----------------------|-----------|-----------|-----------|
| 1                | 23.24                | 3         | 0.02      | 81.12835  |
| 2                | 19.64                | 3         | 0.02      | 68.56114  |
| 3                | 11.68                | 3         | 0.02      | 40.77363  |
| 4                | 13.17                | 3         | 0.02      | 45.97506  |
| 5                | 13.65                | 3         | 0.02      | 47.65069  |
| 6                | 15.35                | 3         | 0.02      | 53.58521  |
| 7                | 13.12                | 3         | 0.02      | 45.80052  |
| 8                | 15.21                | 3         | 0.02      | 53.09648  |
| 9                | 12.08                | 3         | 0.02      | 42.16999  |
| 10               | 11.05                | 3         | 0.02      | 38.57437  |
| 11               | 11.21                | 3         | 0.02      | 39.13291  |
| 12               | 11.21                | 3         | 0.02      | 39.13291  |
| 13               | 12.24                | 3         | 0.02      | 42.72853  |
| 14               | 10.84                | 3         | 0.02      | 37.84128  |
| 15               | 11.1                 | 3         | 0.02      | 38.74891  |
| 16               | 15.25                | 3         | 0.02      | 53.23612  |
| 17               | 15.1                 | 3         | 0.02      | 52.71248  |
| 18               | 17.2                 | 3         | 0.02      | 60.04336  |
| 19               | 17.31                | 3         | 0.02      | 60.42736  |
| 20               | 15.25                | 3         | 0.02      | 53.23612  |
| 21               | 18.55                | 3         | 0.02      | 64.75606  |
| 22               | 16.35                | 3         | 0.02      | 57.0761   |
| 23               | 14.64                | 3         | 0.02      | 51.10667  |
| 24               | 18.77                | 3         | 0.02      | 65.52406  |

Sumber: hasil perhitungan dan pengukuran

System pentanahan untuk kawat tanah yang baik digunakan dipenyulang sempidi dapat diperhitungkan menggunakan besar tahanan jenis tanah yang sudah dihitung, dimana masing-masing pentanahan sebaiknya memiliki resistensi maksimum 5 ohm.

Perhitungan tahanan pentanahan pada salah satu titik pentanahan, pentanahan titik 1:

$$R = \frac{82}{2 \times 3.14 \times 3} \left( \ln \frac{4 \times 3}{0.02} - 1 \right)$$

$$R = \frac{82}{18.84} (6.3969 - 1)$$

$$R = 4.35 (5.3969)$$

$$R = 23.48 \text{ ohm}$$

Untuk mendapatkan nilai pentanahan maksimum 5ohm, ubah mempergunakan elektroda batang dengan panjang 6 dan luas penampang 3 cm<sup>2</sup>. jika

masih belum memenuhi dapat menggunakan sistem pentanahan paralel.

Perhitungan tahanan pentanahan pada salah satu titik pentanahan, pentanahan titik 1:

$$R = \frac{82}{2 \times 3.14 \times 6} \left( \ln \frac{4 \times 6}{0.03} - 1 \right)$$

$$R = \frac{82}{37.68} (6.6846 - 1)$$

$$R = 2.153 (5.6846)$$

$$R = 12.24 \text{ ohm}$$

$$R \leq 50 \text{ ohm} = \frac{12.24}{5} = 2.448 \text{ buah}$$

Agar dibawah 50ohm maka menggunakan 3 buah batang elektroda.

Tabel 7

Sistem pentanahan yang baik digunakan pada masing-masing titik pentanahan

| Titik Pentanahan | Rbt (ohm) Pengukuran | L (meter) | d (meter) | jumlah paralel | Rbt ohm  |
|------------------|----------------------|-----------|-----------|----------------|----------|
| 1                | 82                   | 6         | 0.03      | 3              | 4.079823 |
| 2                | 69                   | 6         | 0.03      | 3              | 3.447837 |
| 3                | 41                   | 6         | 0.03      | 2              | 3.075667 |
| 4                | 46                   | 6         | 0.03      | 2              | 3.468025 |
| 5                | 48                   | 6         | 0.03      | 2              | 3.594422 |
| 6                | 54                   | 6         | 0.03      | 2              | 4.042079 |
| 7                | 46                   | 6         | 0.03      | 2              | 3.454859 |
| 8                | 53                   | 6         | 0.03      | 2              | 4.005214 |
| 9                | 43                   | 6         | 0.03      | 2              | 3.180998 |
| 10               | 39                   | 6         | 0.03      | 2              | 2.909771 |
| 11               | 40                   | 6         | 0.03      | 2              | 2.951903 |
| 12               | 40                   | 6         | 0.03      | 2              | 2.951903 |
| 13               | 43                   | 6         | 0.03      | 2              | 3.22313  |
| 14               | 38                   | 6         | 0.03      | 2              | 2.854472 |
| 15               | 39                   | 6         | 0.03      | 2              | 2.922937 |
| 16               | 54                   | 6         | 0.03      | 2              | 4.015747 |
| 17               | 53                   | 6         | 0.03      | 2              | 3.976248 |
| 18               | 60                   | 6         | 0.03      | 2              | 4.529236 |
| 19               | 61                   | 6         | 0.03      | 2              | 4.558202 |
| 20               | 54                   | 6         | 0.03      | 2              | 4.015747 |
| 21               | 65                   | 6         | 0.03      | 2              | 4.884728 |
| 22               | 57                   | 6         | 0.03      | 2              | 4.305407 |
| 23               | 52                   | 6         | 0.03      | 2              | 3.855117 |
| 24               | 66                   | 6         | 0.03      | 2              | 4.94266  |

Sumber: hasil perhitungan

### 3.3 Analisa

Dari hasil pembahasan yang dilakukan dimana:

#### 3.3.1 Perlu Dipasang DGR

Directional Ground Relay (DGR) bekerja berdasarkan komponen tegangan dan arus residu yang timbul akibat ketidak seimbangan arus dan tegangan residu pada saat terjadi gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah. langsung terhadap penghantar fasa SUTM 20 KV yang terjadi pada penyulang Sempidi. Sehingga perlunya pemasangan DGR sebagai pengaman gangguan

fase tanah. Setting DGR tipe pada Penyulang sempidi adalah  $I_0 = 2$  A,  $V_0 = 10$  V

### 3.3.2 Sistem Pentanahan

Dalam sistem pentanahan ini mempergunakan elektroda batang. Dimana dalam system pentanahan yang baik digunakan pada penyulang sempidi adalah mempararel beberapa elektroda batang sejumlah 2-3 elektroda dimasing-masing titik pentanahan, dengan batang elektroda yang memiliki ukuran panjang 6 meter dan luas penampang  $3 \text{ cm}^2$ . Sehingga didapat nilai pentanahan dibawah 5 ohm.

## IV. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan dan analisa yang telah diuraikan diatas, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari perhitungan yang telah didapat melalui analisis data, didapatkan beberapa arus gangguan yang terjadi disetiap titik yang telah ditentukan. Untuk gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah maksimum sebesar 24.13290607 A dan untuk arus gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah minimum sebesar 7.488070009 AS
2. Directional Ground Relay (DGR) bekerja berdasarkan komponen tegangan dan arus residu yang timbul akibat ketidak seimbangan arus dan tegangan residu pada saat terjadi gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah.langsung terhadap penghantar fasa SUTM 20 KV yang terjadi pada penyulang Sempidi. Sehingga perlunya pemasangan DGR sebagai pengaman gangguan fase tanah. Setting DGR tipe pada Penyulang sempidi adalah  $I_0 = 2$  A,  $V_0 = 10$  V
3. Dalam sistem pentanahan ini mempergunakan elektroda batang. Dimana dalam pengukuran pentanahannya tahanan terkecil 10.84 ohm dan tahanan terbesar 23.24 ohm, masih dapat diterima.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1.] Pabla, AS. *Distribusi Tenaga Listrik*. Jakarta, 1994.
- [2.] Daman Suparman. 2010. *Sistem Pentanahan Jaringan Distribusi*. Available from

<http://daman48.files.wordpress.com/2010/11/materi-10-sistem-pentanahan-jaringan-distribusi.pdf> Accessed on June 02<sup>th</sup> 2012.

- [3.] Gonen, Turan. *Electric Power Distribution System Engineering*. Singapore: McGraw-Hill Book Company, 1986.
- [4.] Moelyono, Nono. *Pengantar Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. Surabaya: Jurusan Teknik Elektro, ITS, 1999.
- [5.] Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2000.
- [6.] PT. PLN (Persero). 2010. *Buku 5, Standar Konstruksi Jaringan Tegangan Menengah Tenaga Listrik*. Jakarta Selatan: PT.PLN.
- [7.] Setyo Rendra, Prabudhi. 2007. *Sistem Jaringan Distribusi 20 kV*. Available from <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Undergraduate-8336-2203109014-bab%201.pdf>. Accessed on Mei 05<sup>th</sup> 2012.
- [8.] SPLN 2 : 1978. *metoda pentanahan untuk sistem transmisi tegangan tinggi 500 kV , 150 kV dan Distribusi tegangan menengah 20 kV*. Jakarta: Perusahaan Umum Listrik Negara.
- [9.] Sudirman, Sumarto. 2009. *Empat Pola Pengamanan Sistem Distribusi Di Lingkungan PLN*. Available from <http://bluemild.wordpress.com/2009/02/09/mpat-pola-pengamanan-sistem-distribusi-di-lingkungan-pln/>. Accessed on June 02<sup>th</sup> 2012.
- [10.] Tirza Nova, Syahrial. 2013. *Perhitungan Setting Relay OCR dan GFR pada Sistem Interkoneksi Diesel Generator di Perusahaan*, Jurnal Reka Elkomika Vol.1 No.1.
- [11.] Triyono, Yoyok, Oentoseno Penangsang. 2013. *Analisis Studi Rele Pengaman (Over Current Relay Dan Ground Fault Relay) pada Pemakaian Distribusi Daya Sendiri dari PLTU Rembang*, Jurnal Teknik Pomits Vol.2.
- [12.] Zuhail. *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*, Jakarta: 2000. PT. Gramedia Pustaka Utama.